

## EVALUASI KOMBINASI ISOLAT *TRICHODERMA* MIKOPARASIT DALAM MENGENDALIKAN PENYAKIT AKAR PUTIH PADA BIBIT KARET

Suwandi<sup>1</sup>

### ABSTRACT

**Evaluation of mycoparasitic *Trichoderma* isolate mixtures to control white root disease on rubber seedlings.** Eight isolates of mycoparasitic *Trichoderma*, as single cultures or in isolate mixtures were tested for their biocontrol efficacy against rubber seedlings inoculated with one of three strains of *Rigidoporus lignosus*. Biocontrol efficacy of isolates was varied, but not significantly affected by strains of *R. lignosus*. Mixtures of four isolates were significantly ( $P < 0.05$ ) reduced the disease severity and percentage of root necrotic as compared to mixtures of two isolates as well as single isolates. The highest disease suppression (65% relative to control) and reduction of inocula on rubber wood sticks (91% relative to control) was achieved in four isolate mixtures of *Trichoderma virens* (T1+T4+ T9+ T11).

**Key words :** mycoparasites, *Trichoderma virens*, *Rigidoporus lignosus*, hevea rubber

### PENDAHULUAN

*Rigidoporus lignosus* (Klotzsch) Imazeki sinonim *R. microporus* (Sw.) Overeem dikenal sebagai jamur akar putih (JAP) merupakan jamur Polyporaceae penyebab penyakit akar putih pada tanaman industri, terutama karet (Situmorang, 2004), lada dan ubikayu (Suwandi, 2003). Jamur ini menimbulkan lapuk pada akar dan leher akar sehingga menyebabkan kematian tanaman. JAP diperkirakan menyebabkan kematian 3% pada perkebunan besar dan 5% pada perkebunan karet rakyat di Indonesia dengan taksiran nilai kerugian mencapai Rp.300 miliar setiap tahunnya (Situmorang, 2004).

Pengelolaan penyakit akar putih yang selama ini dikembangkan di Indonesia dan kawasan tropika lainnya belum didasarkan atas genetika populasi fungi patogen. Berdasarkan kajian menggunakan marka ketak-sesuaian somatik, populasi lokal *R. lignosus* pada kebun karet terdiri dari beragam genotipe (individu genetik/genet) yang memencar secara klon membentuk teritorial jalinan miselium (Suwandi *et al.*, 2004). Suatu teritorial klon JAP dapat mencakup areal yang cukup luas (2500 m<sup>2</sup>) dan persisten selama 33 tahun (Suwandi, 2006). Pola pemencaran tersebut menyebabkan patogen ini sukar dikendalikan. Strategi pengendalian penyakit akar putih yang dianjurkan adalah pengurangan inokulum awal dengan pembongkaran tunggul dan penekanan laju infeksi menggunakan fungisida, jamur dan tanaman antagonis (Situmorang, 2004).

Jamur antagonis dengan modus aksi mikoparasitisme berpotensi dikembangkan sebagai biofungisida karena mampu mengendalikan struktur istirahat patogen yang tidak dapat dilakukan oleh jamur antagonis dengan modus aksi lainnya (Adams, 1990). Selama ini potensi jamur mikoparasit belum dimanfaatkan sepenuhnya sebagai agensia hayati untuk pengendalian penyakit akar putih. Hal ini disebabkan dalam proses seleksi awal, aktivitas mikoparasitisme bukanlah menjadi kriteria utama, tetapi lebih didasarkan kemampuan antagonisme keseluruhan. Pada penelitian ini, seleksi kandidat biokontrol dilakukan dengan metode pra-koloni. Dengan metode ini, hanya jamur yang mampu tumbuh di atas miselium patogen (mampu memarasit miselium patogen) yang akan terpilih (Krauss *et al.*, 1999).

Ketidakmantapan kemanjuran agensia hayati di lapangan merupakan kendala utama pengendalian hayati. Ketidakmantapan kemanjuran ini dapat disebabkan oleh perbedaan kepekaan strain patogen terhadap agensia hayati. Suwandi (2005) menemukan adanya keragaman respon individu genetik JAP terhadap pengkolonian jamur mikoparasit. Sebelumnya, Pudjihardjo (1997) melaporkan adanya perbedaan kepekaan isolat *R. lignosus* dari daerah yang berbeda terhadap isolat *Trichoderma* spp. Penelitian ini menggunakan pendekatan keragaman genetik patogen untuk pengendalian hayati *R. lignosus*. Keanekaragaman jamur mikoparasit diberdayakan melalui pendekatan kombinasi isolat yang sinergis sehingga dihasilkan agensia biokontrol

<sup>1</sup> Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Kampus Inderalaya Ogan Ilir Inderalaya 30662  
e-mail : suwandi@unsri.ac.id

yang lebih efektif dan mapan terhadap populasi patogen yang beragam genetiknya. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi kemanjuran kombinasi isolat *Trichoderma* mikoparasit dalam menekan penyakit akar putih yang diinokulasi dengan isolat JAP yang berbeda genetiknya.

## METODE PENELITIAN

**Patogen.** Strain *R. lignosus* Sbs10 dan Sbl1 diisolasi dari basidiokarp yang tumbuh pada tunggul karet di Sembawa, Sumatera Selatan. Strain Klb31 diisolasi dari basidiokarp pada tunggul kelapa di Balunujuk, Bangka. Masing-masing strain digolongkan ke dalam kelompok kesesuaian miselium yang berbeda, kevirulenan tinggi dan aktivitas ligninolisis tinggi (Suwandi, 2006).

**Jamur antagonis.** Jamur antagonis diisolasi dari miselium JAP yang terkontaminasi saat isolasi JAP dari Sumatera Selatan dan Bangka. Isolat dipilih berdasarkan kemampuannya mengkoloni miselium JAP (metode pra-koloni). Satu potongan biakan jamur antagonis (ukuran 20 x 5 mm) umur 3 hari ditempatkan pada biakan JAP umur 10 hari yang telah menutupi permukaan MEA (malt extract agar). Dari total 21 jamur antagonis yang dapat tumbuh di atas miselium JAP, dipilih 8 isolat *Trichoderma* yang berspora baik pada miselium JAP (Tabel 1). Pemilihan isolat tersebut juga didasarkan oleh kesesuaian isolat tersebut, saat dibiakkan bersama-sama pada MEA. Berdasarkan ciri morfologi koloni (keberadaan pustula, sel steril pada pustula, perpanjangan konidiofor steril); percabangan konidiofor; bentuk, ukuran, kedudukan dan susunan fialid; bentuk dan ukuran konidium menurut Samuels *et al.* (2006), seluruh isolat *Trichoderma* uji (T1, T4, T9, T11, T33, T39, T50 dan T51) diidentifikasi sebagai *Trichoderma virens* (Miller, Giddens & Foster) Arx yang merupakan sinonim *Gliocladium virens* Miller, Giddens & Foster. Pengamatan mikroskopis menunjukkan bahwa isolat ini digolongkan sebagai mikoparasit karena memarasit miselium JAP dengan cara melakukan penetrasi hifa.

**Uji biokontrol.** Kemampuan biokontrol *Trichoderma* mikoparasit diuji berdasarkan penekanan penyakit pada bibit karet yang telah dikoloni oleh strain *R. lignosus*. Pengujian dilaksanakan dengan

menggunakan rancangan acak kelompok yang disusun secara faktorial. Faktor pertama yaitu strain *R. lignosus* yang terdiri dari 3 taraf (Sbs10, Sbl1 dan Klb31). Faktor kedua yaitu aplikasi *Trichoderma* yang terdiri dari 11 taraf (4 taraf isolat tunggal, 4 taraf kombinasi 2 isolat, 2 taraf kombinasi 4 isolat, 1 taraf kontrol). Empat taraf perlakuan isolat tunggal *Trichoderma* yaitu biakan isolat T1, T9, T33 dan T50. Empat taraf kombinasi dua isolat *Trichoderma* yaitu campuran biakan isolat T4 dan T9 (T4+T9), T1 dan T11 (T1+T11), T33 dan T39 (T33+T39), dan T50 dan T51 (T50+T51). Dua taraf kombinasi empat isolat *Trichoderma* yaitu campuran biakan T1, T4, T9 dan T11 (T1+T4+T9+T11) serta campuran biakan T33, T39, T50 dan T51 (T33+T39+T50+T51). Pengujian dilakukan dalam 4 ulangan dan setiap ulangan terdiri dari 2 tanaman uji.

Bibit karet uji yang digunakan adalah bibit asal biji dari tanaman klon GT1. Bibit berumur 2 bulan dipangkas bagian ujung akar tunggangnya sehingga tersisa akar tunggang sepanjang 10 cm. Akar lateral dibersihkan dan bagian batang dipangkas sebatas calon mata tunas paling bawah. Bibit selanjutnya ditanam pada pot plastik (volume 350 mL) dalam media tanam campuran pasir dan tanah (1:1) yang diotoklaf. Bibit ditumbuhkan selama 1 bulan sampai membentuk daun baru yang berkembang sempurna.

Inokulum patogen disiapkan dengan cara menginokulasi potongan kayu karet ukuran 10 x 5 x 50 mm dengan biakan JAP dan diinkubasikan selama 2 bulan. Inokulasi patogen dilakukan dengan menanam satu potong inokulum bersinggungan dengan akar tunggang bibit uji.

Masing-masing isolat *Trichoderma* (T1, T9, T33 dan T50) diperbanyak secara terpisah menggunakan media campuran tepung jagung dan serbuk gergaji dengan perbandingan berat 1:1 selama 12 hari. Biakan selanjutnya dikeringanginkan selama 3 hari pada suhu ruang. Pada perlakuan kombinasi dua dan empat isolat, biakan masing-masing isolat tunggal dicampur satu sama lain sesuai dengan taraf perlakuan tersebut. Pencampuran dilakukan dalam perbandingan berat yang sama (perbandingan 1:1 untuk campuran 2 isolat dan 1:1:1:1 untuk campuran 4 isolat). Sebelum diaplikasi, kandungan total propagul hidup *Trichoderma* pada biakan tunggal dan campuran biakan dihitung dengan melalui metode pengenceran berseri yang diikuti dengan pembiakan pada MEA. Aplikasi *Trichoderma* dilakukan setelah 14 hari

inokulasi JAP, yaitu setelah akar tunggang dikoloni oleh rhizomorf JAP. Setiap biakan isolat atau campuran biakan isolat *Trichoderma* ditanamkan sehingga mengenai akar tunggang tanaman uji dengan takaran total setara  $1 \times 10^6$  unit pembentuk koloni (upk)/g medium tanam (berat kering).

Dua bulan setelah inokulasi JAP, tanaman uji dibongkar untuk mengamati keparahan penyakit dan persentase nekrosis akar tunggang. Keparahannya penyakit diukur berdasarkan 9 skala menurut Nandris *et al.* (1987). Persentase nekrosis akar tunggang ditentukan dengan membandingkan panjang akar yang mengalami nekrosis dengan total panjang akar tunggang. Setiap minggu setelah inokulasi JAP, tinggi tanaman uji diukur untuk mengetahui respon pertumbuhan bibit karet setelah dilakukan aplikasi dengan *Trichoderma*.

Seluruh akar tunggang uji dipotong dan dibalut dengan kertas tisu yang dibasahkan dengan air steril yang mengandung benomil 100 mg/L dan streptomisin 100 mg/L dan dimasukkan dalam kantong plastik. Setelah inkubasi selama 7 hari, pertumbuhan miselium JAP dari akar tunggang diamati untuk menentukan mortalitas miselium pada akar tunggang. Sumber inokulum JAP pada potongan kayu juga diperlakukan dengan cara yang sama, untuk menentukan mortalitas miselium pada inokulum.

Pengaruh strain JAP, perlakuan *Trichoderma* dan interaksinya dianalisis secara statistik menggunakan proc glm pada SAS Systems for Windows versi 9.0. Jika salah satu faktor berpengaruh signifikan ( $P < 0.05$ ), maka perbedaan rata-rata taraf faktor dibandingkan dengan menggunakan *Waller-Duncan K-ratio t Test*. Perbedaan pengaruh antara kelompok perlakuan (isolat tunggal, kombinasi 2 dan 4 isolat) dibandingkan menggunakan uji ortogonal kontras.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan *Trichoderma* mikoparasit berpengaruh nyata ( $P < 0.05$ ) terhadap keparahan penyakit, nekrosis akar, mortalitas miselium dalam potongan kayu dan mortalitas miselium pada akar bibit karet, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan bibit. Meskipun secara deskriptif ditemukan keragaman pertumbuhan parasit *Trichoderma* pada koloni *R. lignosus* pada cawan Petri (Tabel 1), secara statistik

tidak ditemukan interaksi secara nyata antara strain JAP dengan aplikasi *Trichoderma* (Tabel 2). Hasil ini mengindikasikan bahwa secara *in planta* kemanjuran penekanan penyakit oleh *Trichoderma* mikoparasit tidak dipengaruhi oleh isolat patogen sasaran. Hasil ini berbeda dengan hasil pengujian sebelumnya yang menunjukkan adanya diskriminasi strain *Trichoderma* mikoparasit terhadap strain *R. lignosus*. Pertumbuhan parasit miselium *Trichoderma* pada miselium *R. lignosus* secara *in vitro* dipengaruhi oleh isolat *R. lignosus* (Suwandi, 2005). Diskriminasi strain *Trichoderma* spp. juga telah dilaporkan pada patogen kakao yaitu *Phytophthora palmivora*, *Crinipellis perniciosa* dan *Moniliophthora roreri* (Krauss *et al.*, 1999) dan patogen antraknosa buah pisang, *Colletotrichum musae* (Krauss *et al.*, 2001). Tidak adanya tanggap nyata isolat JAP diduga disebabkan oleh tingginya keragaman percobaan (koefisien keragaman = 21,3%) yang dapat diminimalisasi dengan menambah ulangan. Diskriminasi strain dapat tetap berpotensi mempengaruhi kemanjuran agensia biokontrol ini di lapangan, karena pengaruh kerumitan sifat biologi dan kimia tanah terhadap interaksi antagonis dan patogen.

Analisis beda rata-rata antar-kelompok menggunakan metode ortogonal kontras menunjukkan bahwa keparahan dan nekrosis akar pada tanaman diaplikasi kombinasi 4 isolat *Trichoderma* nyata lebih rendah dibandingkan kombinasi 2 isolat dan isolat tunggal (Tabel 3). Dibandingkan dengan perlakuan lainnya, kombinasi 4 isolat T1+T4+T9+T11 dan T33+T39+T50+T51 dapat menekan rata-rata 65 dan 52% keparahan penyakit (Gambar 1). Perlakuan kombinasi isolat T1+T4+T9+T11 lebih unggul dalam menekan sumber inokulum (miselium) dalam potongan kayu dengan penekanan relatif sebesar 91%. Jika diaplikasikan sebagai isolat tunggal, masing-masing isolat tersebut dapat mematikan miselium pada akar tunggang, tetapi kurang efektif terhadap miselium dalam potongan kayu (Tabel 4).

Hasil penelitian ini membuktikan kombinasi 4 isolat *Trichoderma* mikoparasit lebih unggul dalam menekan penyakit dan mengurangi inokulum dibandingkan penggunaan kombinasi 2 isolat dan isolat tunggal. Keunggulan biokontrol kombinasi isolat *Trichoderma* juga telah dilaporkan terhadap patogen antraknosa buah pisang, *Colletotrichum*

Tabel 1. Ciri pertumbuhan parasit *Trichoderma virens* pada koloni *Rigidoporus lignosus*

Isolat <i>Trichoderma virens</i>	Strain <i>Rigidoporus lignosus</i>	Pensporaan pada miselium JAP			Lisis pada miselium <i>R. lignosus</i> <sup>4</sup>
		Kecepatan <sup>1</sup>	Ketebalan <sup>2</sup>	Penyebaran <sup>3</sup>	
T1	Sbs10	+++	+	+	+
	Sbl1	+++	+	+	+
	Klb31	+++	+	++	+
T4	Sbs10	+++	++	+	+
	Sbl1	+++	++	+	-
	Klb31	+++	+++	++	+
T9	Sbs10	+++	+++	++	-
	Sbl1	+++	+++	+	+
	Klb31	+++	+++	++	+
T11	Sbs10	+++	+	+	+
	Sbl1	+++	+++	+	+
	Klb31	+++	+++	++	+
T33	Sbs10	+++	+++	++	-
	Sbl1	+++	+++	++	+
	Klb31	+++	+++	+	+
T39	Sbs10	++++	+++	++	-
	Sbl1	+++	+++	++	+
	Klb31	++++	+++	++	-
T50	Sbs10	+++	+	++	+
	Sbl1	+++	+++	++	+
	Klb31	+++	+++	++	+
T51	Sbs10	+++	+++	++	+
	Sbl1	+++	+++	+	+
	Klb31	+++	+++	++	+

<sup>1</sup> Kecepatan pensporaan *Trichoderma* di atas miselium *R. lignosus*, +++ = cepat (pensporaan terjadi setelah 6 hari penanaman inokulum), ++++ = sangat cepat (pensporaan terjadi < 6 hari dari penanaman inokulum).

<sup>2</sup> Ketebalan pensporaan *Trichoderma* di atas miselium *R. lignosus*, + = tipis, ++ = sedang, +++ = konidium tebal dan menumpuk.

<sup>3</sup> Penyebaran spora *Trichoderma* di atas miselium *R. lignosus*, + = menyebar tidak merata, ++ = menyebar merata.

<sup>4</sup> Lisis atau penipisan miselium *R. lignosus* yang dikoloni *Trichoderma*, - = tidak ada lisis, + = terjadi lisis.

Tabel 2. Nilai probabilitas (P) analisis ragam pengaruh perlakuan pengobatan menggunakan *Trichoderma virens* terhadap penyakit akar putih, mortalitas miselium *Rigidoporus lignosus* dan pertumbuhan bibit karet

Sumber Keragaman	Probabilitas (P)				
	Keparahan penyakit	Nekrosis akar (%)	Mortalitas inokulum (%)	Mortalitas miselium (%)	Pertambahan tinggi tanaman (mm/minggu)
Strain JAP	0,5954	0,3032	0,5876	0,2257	0,5445
<i>Trichoderma</i>	<,0001*	<,0001*	0,0271*	0,0023*	0,9733
Strain JAP x <i>Trichoderma</i>	0,8736	0,8838	0,9860	0,1633	0,8430

\*Signifikan pada  $P < 0.05$ Tabel 3. Nilai probabilitas (P) analisis ortogonal kontras pengaruh jumlah isolat *Trichoderma virens* terhadap penyakit akar putih, mortalitas miselium *Rigidoporus lignosus* dan pertumbuhan bibit karet

Kontras	Probabilitas (P)				
	Keparahan penyakit	Nekrosis akar (%)	Mortalitas miselium pada kayu (%)	Mortalitas miselium pada akar (%)	Pertambahan tinggi tanaman (mm/minggu)
Kontrol vs <i>Trichoderma</i>	<,0001*	<,0001*	0,1262	0,2662	0,7109
Isolat tunggal vs Kombinasi 2 isolat	0,3124	0,1059	0,5295	0,1519	0,2293
Kombinasi 4 isolat vs (Isolat tunggal + Kombinasi 2 isolat)	<,0001*	0,0002*	0,3492	0,1847	0,3875

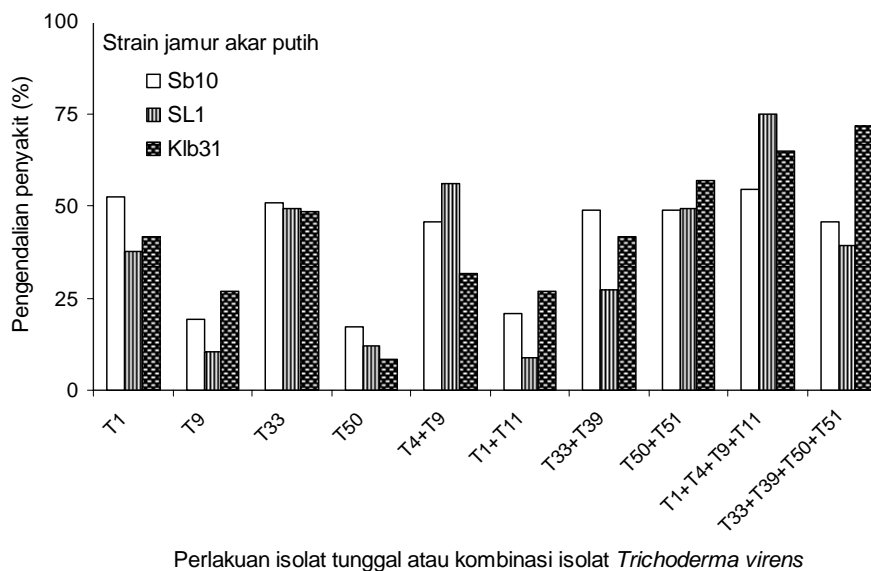
\*Signifikan pada  $P < 0.05$

Tabel 4. Pengaruh perlakuan pengobatan menggunakan isolat tunggal dan kombinasi isolat *Trichoderma virens* terhadap penyakit akar putih, mortalitas miselium *Rigidoporus lignosus* dan pertumbuhan bibit karet

Aplikasi mikoparasit	Keparahan penyakit <sup>1</sup>	Nekrosis akar tunggang (%)	Mortalitas miselium dalam kayu (%)	Mortalitas miselium pada akar (%)	Pertambahan tinggi tanaman (mm/minggu)
<u>Isolat tunggal</u>					
T1	4,1 c <sup>2</sup>	31,7 b <sup>2</sup>	25,0 ab <sup>2</sup>	70,8 a <sup>2</sup>	4,0 a <sup>2</sup>
T9	6,0 ab	54,1 a	16,7 ab	54,2 abcd	4,6 a
T33	3,7 cd	28,4 b	4,2 b	25,0 d	4,4 a
T50	6,4 a	53,7 a	29,2 ab	79,2 a	3,9 a
<u>Kombinasi 2 isolat</u>					
T4+T9	4,1 c	23,4 b	4,2 b	33,3 cd	3,7 a
T1+T11	6,0 ab	53,6 a	8,3 b	33,3 cd	3,7 a
T33+T39	4,5 bc	28,3 b	16,7 ab	62,5 ab	3,5 a
T50+T51	3,5 cd	21,8 b	29,2 ab	54,2 abc	3,8 a
<u>Kombinasi 4 isolat</u>					
T1+T4+T9+T11	2,6 d	13,2 b	45,8 a	62,5 abc	3,5 a
T33+T39+T50+T51	3,5 cd	17,4 b	4,2 b	25,0 d	3,5 a
Kontrol	7,3 a	75,0 a	4,2 b	33,3 bcd	3,6 a

<sup>1</sup> Keparahan penyakit berdasarkan skala 0-9 (Nandris *et al.*, 1987); 0 = tanaman sehat; 9 = tanaman mati

<sup>2</sup> Nilai yang diikuti oleh huruf sama adalah tidak berbeda signifikan ( $P < 0.05$ ) berdasarkan *Waller-Duncan K-ratio t Test*



Gambar 1. Penekanan keparahan penyakit akar putih (nilai relatif terhadap kontrol) pada perlakuan pengobatan menggunakan isolat tunggal (T1, T9, T33 dan T50), kombinasi dua isolat (T4+T9, T1+T11, T33+T39 dan T50+T51) serta kombinasi empat isolat *Trichoderma virens* (T1+T4+T9+T11 dan T33+T39+T50+T51)

*musae* (Krauss *et al.*, 2001) dan *Rosselinia* spp. penyebab lapuk akar kakao (Garcia *et al.*, 2003).

Meningkatnya penekanan penyakit pada kombinasi isolat dapat disebabkan oleh efek sinergis perpaduan isolat yang mengurangi dampak diskriminasi strain, baik yang disebabkan oleh keragaman genetik patogen maupun keragaman lingkungan tanah. Melalui sinergisme perpaduan isolat yang serasi, kelemahan aksi antagonis suatu isolat akan diganti oleh isolat lainnya. Seluruh isolat *Trichoderma* uji pada penelitian ini diidentifikasi sebagai *T. virens*. Jamur antagonis ini telah dikenal sejak lama sebagai agensia biokontrol yang beraksi melalui produksi antibiotik gliovirin dan gliotoksin (Howell, 1999), pemarkasit dengan memproduksi enzim hidrolisis seperti 1,6- $\beta$  glukanas (Djonovic *et al.*, 2006), kompetisi terhadap hara Fe dengan mensekresi siderofor (Wilhite *et al.*, 2001) serta pengimbasan ketahanan (Viterbo *et al.*, 2005). Pada penelitian ini dominasi masing-masing mekanisme penekanan penyakit belum dapat dikaji secara mendalam. Pengkolonian pada miselium JAP dengan cepat yang diikuti dengan lisis, dapat merupakan petunjuk parasitisme lebih dominan bekerja dalam mekanisme penekanan penyakit oleh isolat *Trichoderma*.

Eksresi gen penyandi enzim hidrolisis merupakan faktor penentu parasitisme *Trichoderma virens* (Mendoza-Mendoza *et al.*, 2003). Berat molekul 1,6- $\beta$  glukanas yang disekresi suatu isolat *Trichoderma* bervariasi tergantung dari isolat *Trichoderma* dan jenis patogen sasaran (Inglis & Kawchuk, 2002). Dengan demikian, semakin banyak gabungan isolat *Trichoderma* yang digunakan, maka produksi enzim hidrolisis akan menjadi lebih beragam. Keragaman enzim penghancur dinding sel ini dapat berguna dalam mengatasi keragaman komposisi dinding sel patogen yang pada akhirnya dapat meningkatkan kemanjuran penekanan penyakit.

Pada penelitian ini penekanan penyakit oleh suatu kombinasi isolat menjadi beragam dan cenderung tidak berhubungan dengan kemampuan individu isolat. Kesesuaian isolat diduga berperan penting dalam peningkatan kemanjuran. Dengan demikian, faktor kesesuaian isolat merupakan kriteria yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan awal kombinasi isolat unggul. Pada penelitian ini, kesesuaian antar isolat *Trichoderma* diuji berdasarkan pengamatan visual terhadap lisis dan pertumbuhan

abnormal dari interaksi koloni pada media agar. Metode pengujian lain, misalnya dengan penggunaan pewarna sebagai indikator aktivitas enzim fenol-oksidas sebagai tanggap dari ketidaksesuaian isolat dapat dikaji lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adams, P.B. 1990. The Potential of mycoparasites for biological control of plant diseases. *Annu. Rev. Phytopathol.* 28:59-72.
- Djonovic, S., M.J. Pozo, & C.M. Kenerley. 2006. Tvbg3, a  $\beta$ -1,6-glucanase from the biocontrol fungus *Trichoderma virens*, is involved in mycoparasitism and control of *Pythium ultimum*. *Appl. Environ. Microbiol.* 72(12):7661-7670.
- Garcia, R.A.M., G.M.T. Hoopen, D.C.J. Kass, V.A.S. Garita, & U. Krauss. 2003. Evaluation of mycoparasites as biocontrol agents of *Rosselinia* root rot in cocoa. *Biological Control* 27(2):210-227.
- Howell, C.R. 1999. Selective isolation from soil and separation in vitro of P and Q strains of *Trichoderma virens* with differential media. *Mycologia* 91(6): 930-934.
- Inglis, G.D. & L.M. Kawchuk. 2002. Comparative degradation of oomycete, ascomycete, and basidiomycete cell walls by mycoparasitic and biocontrol fungi. *Can. J. Microbiol.* 48:60-70.
- Krauss, U., P. Matthews, R. Bidwell, M. Hocart, & F. Anthony. 2001. Strain discrimination by fungal antagonists of *Colletotrichum musae*: implications for biocontrol of crown rot of banana. *Mycol. Res.* 105:67-76.
- Krauss, U., W. Soberanis, & P. Matthews. 1999. The use antagonist mixtures in biocontrol. In Krauss, U. & P. Hebbard, eds. *Workshop Manual of Research Methodology for the Biological Control of Plant Disease with Special Reference to Fungal Diseases of Cocoa*. Costa Rica, 28 June- 4 July, 1999.

- Mendoza-Mendoza, A., M.J. Pozo, D. Grzegorski, P. Martinez, J.M. Garcia, V. Olmedo-Monfil, C. Cortes, C. Kenerley, & A. Herrera-Estrella. 2003. Enhanced biocontrol activity of *Trichoderma* through inactivation of a mitogen-activated protein kinase. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 100(26): 15965–15970.
- Nandris, D., M. Nicole, & J.P. Geiger. 1987. Variation in virulence among *Rigidoporus lignosus* and *Phellinus noxius* isolates from West Africa. *Eur. J. For. Path.* 17: 271-281.
- Pudjihardjo, B. 1997. Antagonisme *Trichoderma* dari Beberapa Daerah Terhadap Jamur Akar Putih pada Karet Hevea. *Tesis*. Program Pascasarjana, Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta. (Tidak dipublikasikan).
- Samuels, G.J., P. Chaverri, D.F. Farr, & E.B. McCray. 2006. *Trichoderma* Online, Systematic Botany & Mycology Laboratory, ARS, USDA. Retrieved February 5, 2006, from <http://nt.ars-grin.gov/taxadescriptions/keys/TrichodermaIndex.cfm>.
- Situmorang, A. 2004. Status dan manajemen pengendalian penyakit akar putih di perkebunan karet. Hlm.66-86 dalam: Situmorang, A., A. Budiman, H. Suryaningtyas, Thomas, M. Lasminingsih, & A. Gunawan, eds. *Prosiding Pertemuan Teknis Strategi Pengelolaan Penyakit Tanaman Karet untuk Mempertahankan Potensi Produksi Mendukung Industri Perkaretan Indonesia Tahun 2020*. Palembang, 6-7 Oktober 2004.
- Suwandi, H. Hamidson, & S. Naito, 2004. Distribution of *Rigidoporus lignosus* genotypes in a rubber plantation as revealed by somatic compatibility. *Mycoscience* 45(1):72-75.
- Suwandi. 2003. Penyakit akar putih pada tanaman lada yang disebabkan *Rigidoporus lignosus*. Hal.366-370 dalam: Purwantara, A., D. Sitepu, I. Mustika, K. Mulya, M.S. Sudjono, M. Machmud, S.H. Hidayat, Supriadi, & Widodo, eds. *Prosiding Kongres XVII dan Seminar Nasional Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*. Bandung, 6-8 Agustus 2003.
- Suwandi. 2005. Strain discrimination by fungal antagonists of *Rigidoporus microporus*. *Presented paper at International Conference of Crops Security*. Malang, Indonesia, September 20-22, 2005.
- Suwandi. 2006. Mode of dispersal and variation in population of white root fungus *Rigidoporus microporus* as revealed by mycelial incompatibility. *Presented paper at International Workshop on White Root Disease on Hevea Rubber*. Getas, Indonesia, 28<sup>th</sup> November 2006.
- Viterbo, A., M. Harel, B. A. Horwitz, I. Chet, & P.K. Mukherjee. 2005. *Trichoderma* mitogen-activated protein kinase signaling is involved in induction of plant systemic resistance. *Appl. Environ. Microbiol.* 71(10): 6241–6246.
- Wilhite, S.E., R.D. Lumsden, & D.C. Straney. 2001. Peptide synthetase gene in *Trichoderma virens*. *Appl. Environ. Microbiol.* 67(11):5055-5062.